УДК 629.11.012(075.8)

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОСНАЩЕНИЯ КАРЕТОК ТРАКТОРА ДТ-75М РЕКУПЕРАТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В.И. Посметьев, Е.А.Тарасов, Е.В. Снятков, М.А. Латышева

Воронежская государственная лесотехническая академия
E-mail: bertolt@mail.ru

С помощью имитационной динамической модели лесного почвообрабатывающего агрегата изучена возможность оснащения кареток трактора ДТ-75М рекуперативными элементами. При этом отбор энергии в каждой каретке до 0,7 кВт не ухудшает спектры колебаний корпуса трактора.

Снижение потерь энергии на преодоление инерционных и сил тяжести при вертикальных и горизонтальных перемещениях лесных почвообрабатывающих агрегатов – одно из перспективных и актуальных направлений повышения их эффективности. Наиболее целесообразным способом снижения указанных потерь является рекуперация (возвращение) в энергетическую установку машины той части потенциальной и кинетической энергии, которая бесполезно рассеивается в окружающую среду при непроизводительных холостых перемещениях рабочих органов и машины в целом. В этой связи подвижные элементы ходовой части гусеничного трактора могут быть оснащены рекуперативными элементами [1]. Рекуперативный элемент здесь играет роль демпфера и уменьшает горизонтальные и вертикальные колебания корпуса трактора в процессе движения по лесным объектам с большим количеством препятствий и неровностями поверхности.

Для того, чтобы в модели наиболее полно учесть все особенности работы агрегата изучался не изолированный трактор, а агрегат полностью в снаряженном состоянии – вместе с навешенным на него дисковым орудием (рис. 1).

Имитационная модель была построена в соответствии с методикой [2]. В основе математической модели лежит система из 34-х дифференциальных уравнений. Для составления системы уравнений на основе уравнений Лагранжа I рода с неопределенными множителями использован конечноэлементный подход [3]. При этом агрегат рассматривался как совокупность семи плоских твердых тел, соединенных между собой в некоторых контактных точках связями в виде шарниров, невесомых нерастяжимых тяг и пружин. Для численного интегрирования полученной системы дифференциальных уравнений использовался модифицированный метод Эйлера. Компьютерные эксперименты проводились с помощью специально составленной программы в среде Borland Delphi 7.

Внешние возмущения в системе задавались через силы, действующие со стороны почвы и препятствий на катки кареток, ведущий и направляющий катки и на дисковый рабочий орган. Так как в рамках модели гусеница непосредственно не рассматривается, для генерации возмущающей функции $q(x)$, т. е. рельефа поверхности был использован алгоритм позволяющий получить достаточно плавную $q(x)$. В частности, функция $q(x)$ являлась суперпозицией гауссовских пиков с параметрами x_i (положение препятствия), H_i (высота препятствия) и σ_i (среднеквадратичное отклонение, задающее ширину препятствия).

Гауссовские пики распределялись по длине контрольного участка случайным образом по равномерному закону. При этом параметры H_i и σ_i также выбирались случайным образом по равномерному закону из интервалов: [0; 0,1 м] для H_i и [0,05 м; 0,15 м] для σ_i. Представленные в данной работе результаты соответствуют линейной плотности препятствий 1000 шт./км и скорости движения агрегата 2 м/с. При вычислении сил, действующих на тела агрегата со стороны поверхности, была использована общепринятая вязкоупругая модель почвы [4].

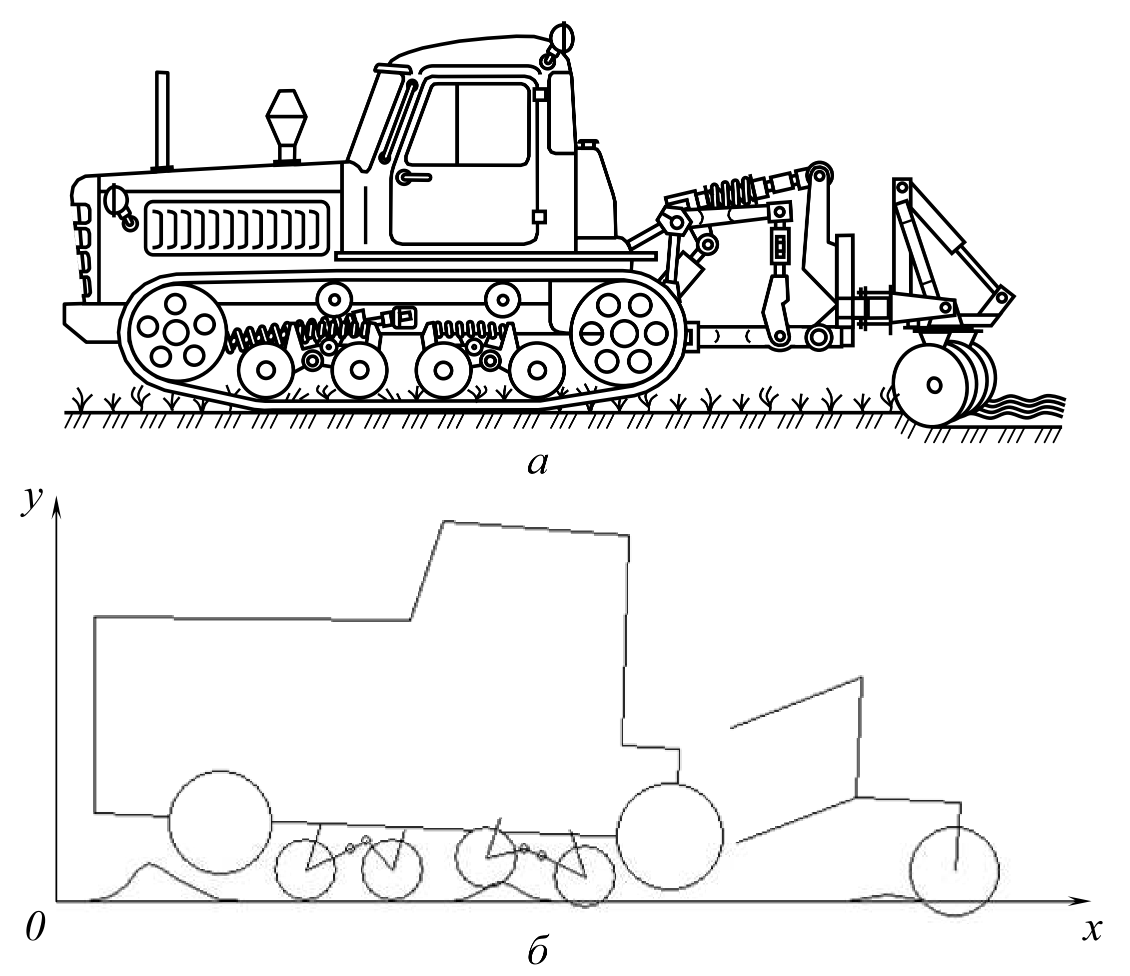


Рис. 1. *Исследуемый почвообрабатывающий агрегат на основе трактора ДТ-75 М (а) и представление агрегата в модели (б)*

Предлагаемые рекуперативные элементы должны быть расположены в каретках трактора и работать параллельно с серийными пружинами каретки. Поэтому в модели рекуперативный элемент представлялся в виде дополнительного демпфера серийных амортизаторов. Основной задачей компьютерного исследования являлось изучение влияния коэффициента демпфирования рекуперативного элемента θ на амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) колебаний корпуса трактора. Для этого проводились компьютерные эксперименты с двумя различными значениями коэффициента демпфирования: θ_1=300 Н·с/м (коэффициент демпфирования серийного амортизатора) и θ_2=8000 Н·с/м (коэффициент демпфирования, близкий к максимально возможному, при котором уже прекращается упругая реакция каретки на неровности поверхности).

Для достижения приемлемого статистического качества результатов в процессе компьютерного эксперимента агрегат перемещался на длину 1000 м. При этом фиксировались относительные горизонтальное $\Delta x(t)$ и вертикальное $\Delta y(t)$ отклонения точки расположения точки трактора (рис. 2). Соответствующие АЧХ $A_x(f)$ и $A_x(f)$ (рис. 3) были получены с помощью преобразования Фурье-функций $\Delta x(t)$ и $\Delta y(t)$.

Было обнаружено, что при большем демпфировании амплитуда отклонений $\Delta x(t)$ и $\Delta y(t)$ уменьшается (рис. 2). Анализ АЧХ показал, что при различных коэффициентах демпфирования форма функций $A_x(f)$ и $A_x(f)$ качественно не изменяется, однако при увеличении коэффициента демпфирования функции уменьшаются по абсолютной величине.

Модель позволила подсчитать мощность, рассеиваемую в демпферах θ в процессе движения агрегата. При использовании вместо демпферов рекуперативных элементов данная мощность может быть возвращена обратно в энергетическую систему трактора. При θ_1=300 Н·с/м рассеиваемая одним демпфером мощность составляет около 0,18 кВт, при θ_2=8000 Н·с/м – около 0,70 кВт. Таким образом, при использовании рекуперативного элемента со значительным эффектом демпфирования, возвращаемая с четырех кареток трактора мощность составляет около 2,8 кВт (т. е. около 4 л.с.).

Разработанная имитационная модель позволит, в дальнейшем, изучить возможность оснащения рекуперативными элементами другие части агрегата: навесной механизм трактора и предохранительное устройство почвообрабатывающего орудия.

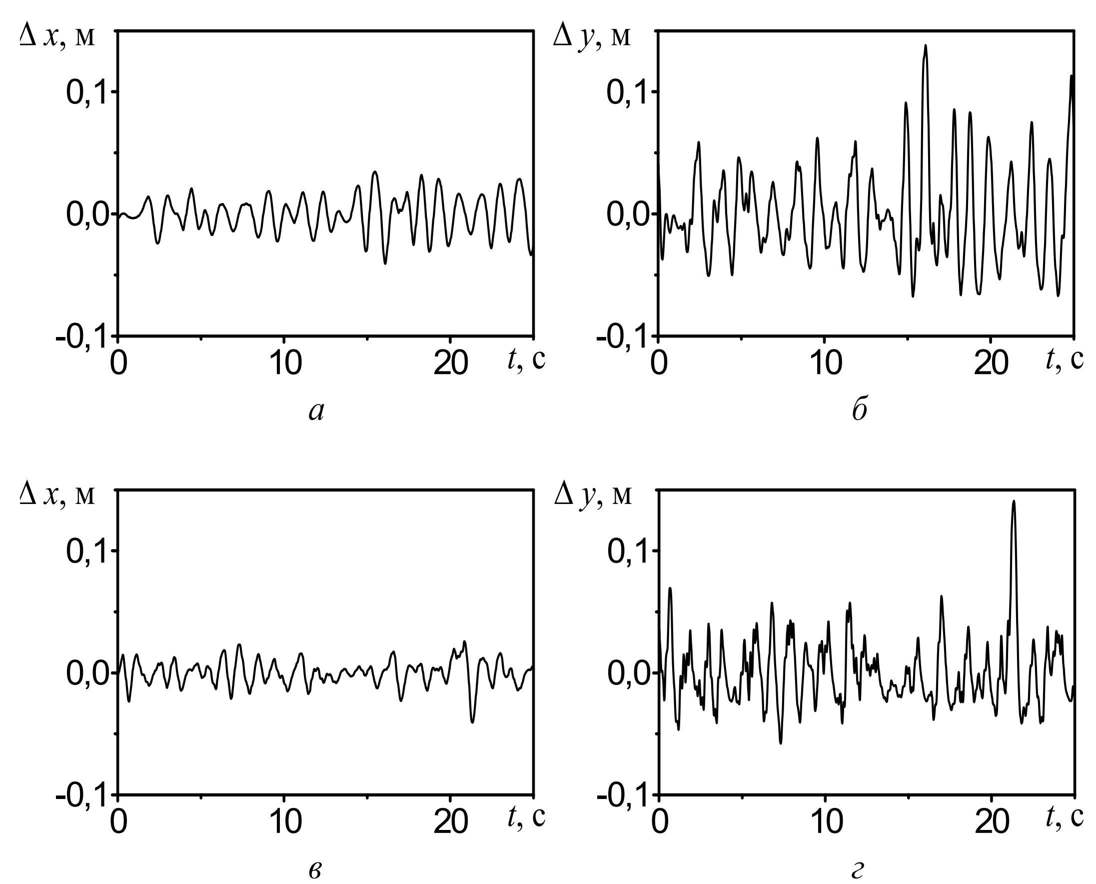


Рис. 2. *Горизонтальные (а, в) и вертикальные (б, г) отклонения корпуса трактора ДТ-75 М при значениях коэффициента демпфирования θ_1=300 Н·с/м (а, б) и θ_2=8000 Н·с/м (в, г)*

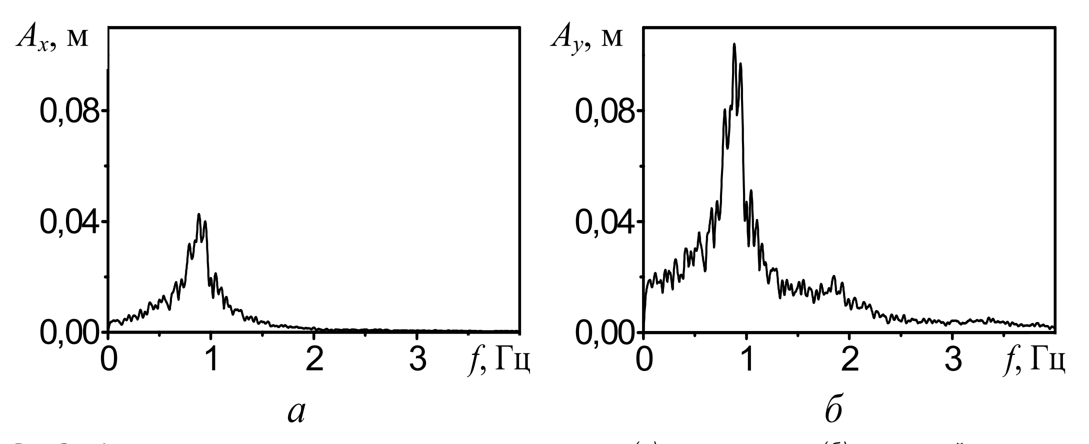


Рис. 3. *Амплитудно-частотные характеристики горизонтальных (а) и вертикальных (б) отклонений корпуса трактора ДТ-75 М при значении коэффициента демпфирования θ_1=300 Н·с/м*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Посметьев В.И., Тарасов Е.А., Кухарев В.С. Перспективные рекуперативные системы для гидроприводов лесных почвообрабатывающих агрегатов // Сб. матер. МНПК: Наука и образование на службе лесного комплекса. – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2005. – С 132–136.
2. Посметьев В.И., Тарасов Е.А., Посметьев В.В., Лиференко А.В. Изучение на основе математического моделирования возможности оснащения почвообрабатывающего агрегата рекуперативным гидроприводом // Физико-математическое моделирование систем: Сб. матер. II Междунар. семин. – Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2005. – С. 73–76.
3. Расчет и проектирование строительных и дорожных машин на ЭВМ / Под ред. Е.Ю. Малиновского. – М.: Машиностроение, 1980. – 216 с.
4. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.

Поступила 19.07.2006 г.